

METHOD FOR MONITORING AN INJECTION SYSTEM

Patent number: WO9917010

Publication date: 1999-04-08

Inventor: HARTKE ANDREAS (DE); WENZLAWSKI KLAUS (DE); PRZYMUSINSKI ACHIM (DE); SCHOEPPE DETLEV (DE)

Applicant: SIEMENS AG (DE); HARTKE ANDREAS (DE); WENZLAWSKI KLAUS (DE); PRZYMUSINSKI ACHIM (DE); SCHOEPPE DETLEV (DE)

Classification:

- **international:** F02D41/14; F02D41/22; F02D41/38; F02D41/40; F02D41/14; F02D41/22; F02D41/38; F02D41/40; (IPC1-7): F02D41/22; F02D41/14; F02D41/38

- **european:** F02D41/14F; F02D41/22; F02D41/38

Application number: WO1998DE02841 19980923

Priority number(s): DE19971042991 19970929

Also published as:

EP1019625 (A1)
US6390068 (B1)
EP1019625 (B1)

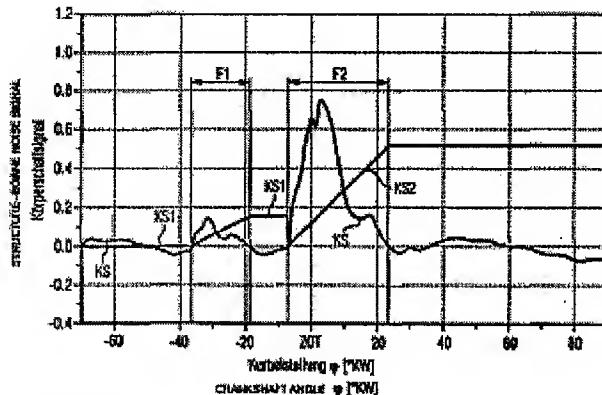
Cited documents:

EP0326898
DE19548279
EP0785349
JP56064621

[Report a data error here](#)

Abstract of WO9917010

A structure-borne signal from an internal combustion engine is used to calculate energy conversion during a combustion process according to a theoretical model and to derive the supplied amount of fuel therefrom. If the calculated amount of fuel deviates from the specified amount of fuel, a malfunction of the injection system is detected.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

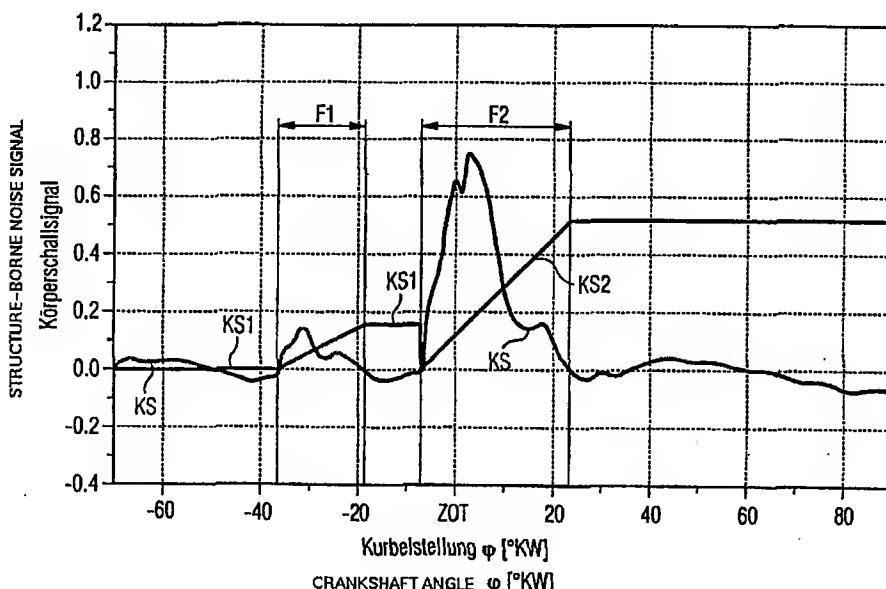


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : F02D 41/22, 41/14, 41/38	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/17010 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. April 1999 (08.04.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/02841		(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 23. September 1998 (23.09.98)		
(30) Prioritätsdaten: 197 42 991.2 29. September 1997 (29.09.97) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): HARTKE, Andreas [DE/DE]; Schönwerthstrasse 4, D-93049 Regensburg (DE). WENZLAWSKI, Klaus [DE/DE]; Spittertorgraben 19, D-90429 Nürnberg (DE). PRZYMUSINSKI, Achim [DE/DE]; Graßer Weg 70, D-93053 Regensburg (DE). SCHÖPPE, Detlev [DE/DE]; Wasenstätter Weg 9 A, D-93173 Wenzenbach (DE).		
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AG; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		

(54) Title: METHOD FOR MONITORING AN INJECTION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN EINES EINSPRITSYSTEMS



(57) Abstract

A structure-borne signal from an internal combustion engine is used to calculate energy conversion during a combustion process according to a theoretical model and to derive the supplied amount of fuel therefrom. If the calculated amount of fuel deviates from the specified amount of fuel, a malfunction of the injection system is detected.

(57) Zusammenfassung

Aus dem Körperschallsignal der Brennkraftmaschine wird nach einem theoretischen Modell die Energieumsetzung während eines Verbrennungsvorganges berechnet und daraus die zugeführte Kraftstoffmenge abgeleitet. Weicht die berechnete Kraftstoffmenge von der vorgegebenen Kraftstoffmenge ab, so wird eine Fehlfunktion des Einspritzsystems erkannt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Verfahren zum Überwachen eines Einspritzsystems

- 5 Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum Überwachen eines
Einspritzsystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Einspritzsystem einer Brennkraftmaschine ist insbesondere
bei einem hohen Einspritzdruck auf eine korrekte Funktions-
10 weise zu überwachen.

Aus DE 195 48 279 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung
zur Überwachung eines Kraftstoffzumeßsystems bekannt, bei dem
ein Defekt des Zumeßsystems erkannt wird, wenn ein Ausgangs-
15 signal eines Körperschallsensors von einem vorgegebenen Wert
abweicht. Dabei wird die Amplitude oder die zeitliche Dauer
des Ausgangssignales des Körperschallsensors mit einem Refe-
renzsignal verglichen und bei einer Abweichung ein defektes
Einspritzventil erkannt. Dieses Verfahren ist jedoch relativ
20 ungenau.

Die Aufgabe der Erfindung beruht darin, ein genaueres Verfah-
ren zum Überwachen eines Einspritzsystems mit Hilfe der Aus-
wertung des Körperschallsignales bereit zu stellen.
25

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des An-
spruchs 1 gelöst. Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung be-
ruht darin, daß das Körperschallsignal über ein Meßfenster
integriert wird, und daß integrierte Körperschallsignal als
30 Maß für die Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems verwendet
wird.

Vorteilhafte Ausbildungen und Verbesserungen der Erfindung
sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Das Körper-
35 schallsignal wird vorzugsweise mit einem vorgegebenen Fre-
quenzband gefiltert, das zwischen 1Hz und 10 kHz liegt. Da-

durch wird ein Signal erzeugt, das eine präzise Aussage über die Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems ermöglicht.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert: es zeigen

- Figur 1 ein Common-Rail-Einspritzsystem,
- Figur 2 ein Blockdiagramm für die Signalauswertung,
- Figur 3 ein Körperschallsignal in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel,
- Figur 4 ein Körperschallsignal zur Erkennung des Einspritzbeginns,
- Figur 5 den Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel,
- Figur 6 ein Drehzahlsignal, und
- Figur 7 einen Programmablauf.

Figur 1 zeigt schematisch ein Einspritzsystem für eine Brennkraftmaschine. Dabei wird einem Kraftstoffspeicher 6 über eine Vorförderpumpe 2, ein Kraftstofffilter 3 und eine Hochdruckpumpe 4 Kraftstoff zugeführt, der aus einem Kraftstofftank 1 entnommen wird. Der Kraftstoffspeicher 6 ist an Injektoren 7 angeschlossen, die den Kraftstoff in die Brennkraftmaschine 11 einspritzen. Zur Einstellung des Kraftstoffdruckes im Kraftstoffspeicher 6 ist ein Druckregelventil 5 nach der Hochdruckpumpe 4 an eine Hochdruckleitung 16 angeschlossen, die die Hochdruckpumpe 4 mit dem Kraftstoffspeicher 6 verbindet. Am Kraftstoffspeicher 6 ist ein Drucksensor 10 angeordnet, der über eine dritte Signalleitung 18 mit einem Steuergerät 12 verbunden ist. Der Brennkraftmaschine 11 sind zudem ein Körperschallsensor 14 und ein Drehzahlsensor 13 zugeordnet, die über eine erste und zweite Signalleitung 8, 9 an das Steuergerät 12 angeschlossen sind. Der Drehzahlsensor 13 ist beispielsweise als Winkelgeschwindigkeitssensor realisiert, der aus einer Zahnscheibe und einem zugeordneten Hallsensor aufgebaut ist. Das Steuergerät 12 steht zudem über eine erste Steuerleitung 15 mit dem Druckregelventil 5 und über

weitere Steuerleitungen 17 mit den Injektoren 7 in Verbindung. Weiterhin ist das Steuergerät 12 mit einem Datenspeicher 19 in Verbindung, in dem Kennlinien und Steuerverfahren zur Steuerung der Injektoren 7 und zur Steuerung des Druckregelventils 5 abgelegt sind. Das Steuergerät 12 ist außerdem an einen Gaspedalsensor 20 angeschlossen.

Das Steuergerät 12 steuert in Abhängigkeit von der Gaspedalstellung und der Drehzahl der Brennkraftmaschine 11 nach den im Datenspeicher 19 abgelegten Programmen den Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher 6 und die Einspritzvorgänge der Injektoren 7. Das Steuergerät 12 verwendet zudem ein Verfahren zum Erkennen eines Defektes im Einspritzsystem, das in Form eines Programmes im Datenspeicher 19 abgelegt ist.

Figur 2 zeigt schematisch den Aufbau des Steuergerätes 12, mit dem das Verfahren zum Erkennen eines defekten Einspritzsystems durchgeführt wird. Das Körperschallsignal wird über die erste Signalleitung 8, das Drehzahlsignal über die zweite Signalleitung 9 und das Kraftstoffdrucksignal über die dritte Signalleitung 18 einer Signalaufbereitungseinheit 101 zugeführt. Das Körperschallsignal wird in der Signalaufbereitungseinheit 101 mit einem Bandpaßfilter vorzugsweise mit einem Butterworth-Filter zweiter Ordnung gefiltert. Dabei wird aus dem gemessenen Körperschallsignal der Frequenzbereich zwischen 1 Hz und 30 kHz, vorzugsweise zwischen 10 Hz und 1 kHz herausgefiltert und für die weitere Auswertung verwendet.

Der Bandpaßfilter weist vorzugsweise folgende Übertragungsfunktion $G_F(\sigma)$ auf:

$$G_F(\sigma) = \frac{1}{1 + a_1\sigma + a_2\sigma^2},$$

wobei mit $\sigma = i\Omega g$
und mit $\Omega g = w/wg$ bezeichnet ist,
wobei wg eine Grenzwinkelgeschwindigkeit,

w die Winkelgeschwindigkeit
a₁ einen ersten Faktor und
a₂ einen zweiten Faktor bezeichnet

- 5 Vorzugsweise ist für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine 11 im Datenspeicher 19 eine Bandpaßfilterfunktion abgelegt, so daß das Körperschallsignal jedes Zylinders vorzugsweise mit einem angepaßten Filter gefiltert wird. Dabei ist das Frequenzband des Bandpaßfilters abhängig vom Abstand zwischen
10 dem Körperschallsensor und dem Zylinder festgelegt, wobei das Frequenzband mit zunehmendem Abstand zu niedrigeren Frequenzen verschoben ist.

Das Frequenzband ist zudem vorzugsweise in einem Kennfeld ab-
15 hängig von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abgelegt. Das Kennfeld ist experimentell in der Weise ermittelt, daß Störsignale, die bei bestimmten Frequenzbereichen auftreten, herausgefiltert werden. Vorzugsweise ist das Kennfeld für jeden Zylinder individuell angepaßt.

20 Zudem wird vorzugsweise das Körperschallsignal für die einzelnen Zylinder selektiv verstärkt, damit die Unterschiede in der Dämpfung, die sich aufgrund der unterschiedlichen Lage der einzelnen Zylinder in bezug auf den Körperschallsensor 14 ergeben, ausgeglichen werden. Dazu ist im Datenspeicher 19 für jeden Zylinder ein Verstärkungsfaktor abgelegt, mit dem das Körperschallsignal des entsprechenden Zylinders verstärkt wird. Grundsätzlich ist die Verstärkung um so größer, je größer der Abstand zwischen dem Zylinder und dem Körperschall-
25 sensor ist. Auf diese Weise wird für alle Zylinder ein Körperschallsignal erhalten, das unabhängig von der Lage der Zylinder ist, so daß die Körperschallsignale der Zylinder miteinander verglichen werden können oder mit einem einzigen Vergleichswert verglichen werden können.

In der Signalaufbereitungseinheit 101 wird aus dem Signal des Hallsensors nach bekannten Verfahren ein Drehzahlsignal ermittelt.

5 Die Signalaufbereitungseinheit 101 führt das Körperschallsignal KS, das Drehzahlsignal N und das Kraftstoffdrucksignal P einer Auswerteeinheit 102 zu. Die Auswerteeinheit 102 integriert das Körperschallsignal KS über ein erstes Kurbelwinkelfenster F1 und über ein zweites Kurbelwinkelfenster F2
 10 auf. Das erste Kurbelwinkelfenster entspricht dem Kurbelwinkelbereich der Voreinspritzung und das zweite Kurbelwinkelfenster entspricht dem Kurbelwinkelbereich der Haupteinspritzung. Das erste und das zweite Kurbelwinkelfenster F1, F2 werden vom Steuergerät 12 vorgegeben und durch den Sollzeitpunkt,
 15 bei dem die Einspritzung beginnen soll, und dem Sollwert für das Ende der Verbrennung, der sich abhängig von der Drehzahl und der Einspritzmenge ergibt, festgelegt.

Figur 3 zeigt aufgetragen über den Kurbelwinkel φ der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine 11 das von der Signalaufbereitungseinheit 101 der Auswerteeinheit 102 zugeführte Körperschallsignal KS. Zudem ist das von der Auswerteeinheit 102 aufintegrierte Körperschallsignal KS1 für das erste Kurbelwinkelfenster F1 und das aufintegrierte Körperschallsignal
 25 KS2 für das zweite Kurbelwinkelfenster F2 dargestellt. Die Auswerteeinheit 102 berechnet das erste, integrierte Körperschallsignal KS1 nach folgender Formel:

$$KS1 = \int_{F1} KS \cdot d\varphi$$

30 Die Auswerteeinheit 102 berechnet nach folgender Formel das zweite integrierte Körperschallsignal KS2:

$$KS2 = \int_{F2} KS \cdot d\varphi$$

Für ein einfacheres Verfahren wird anstelle der zwei Kurbelwinkelfenster nur ein Kurbelwinkelfenster verwendet, das die Vor- und die Haupteinspritzung umfaßt. Dabei wird das Körperschallsignal über die Vor- und Haupteinspritzung integriert.

5

Der Kurbelwinkel, bei dem die Energieumsetzung für die Voreinspritzung und die Energieumsetzung für die Haupteinspritzung beginnt, werden als erster Beginnwinkel SP bzw. als zweiter Beginnwinkel SM bezeichnet.

10

Figur 4 zeigt ein Verfahren, mit dem der erste Beginnwinkel SP und der zweite Beginnwinkel SM bestimmt werden. Dazu wird das Körperschallsignal KS nach Beginn des ersten Kubelwinkel-

15

fensters F1 bzw. nach Beginn des zweiten Kurbelwinkelfensters F2 daraufhin überprüft, bei welchem Kurbelwinkel das Körperschallsignal KS einen vorgegebenen Amplitudenwert A erreicht. Dieser Kurbelwinkel entspricht dem ersten beziehungsweise dem zweiten Beginnwinkel SV, SM, bei dem die Energieumsetzung der Voreinspritzung beziehungsweise der Haupteinspritzung star-

20

tet.

Die Auswerteeinheit 102 ermittelt zudem aus dem Signal des Drucksensors den minimalen Kraftstoffdruck F_MIN, den maximalen Kraftstoffdruck F_MAX und den Differenzwert ΔF zwischen

25

dem minimalen und dem maximalen Kraftstoffdruck F_MIN, F_MAX. Das Verfahren wird im folgenden anhand der Figur 5 erläutert.

Figur 5 zeigt den Kraftstoffdruck P, den Nadelhub der Einspritznadel, die die Einspritzdüsen freigibt, und den Brennraumdruck über den Kurbelwinkel für einen Verbrennungsvorgang

30

eines Zylinders aufgetragen. Die Auswerteeinheit 102 ermittelt in einem vorgegebenen Kurbelwinkelbereich KB den minimalen Kraftstoffdruck F_MIN und den maximalen Kraftstoffdruck

F_MAX. Der Kurbelwinkelbereich KB wird vom Steuergerät 12 festgelegt und entspricht dem Kurbelwinkelbereich, in dem der

35

Kraftstoff für einen Verbrennungsvorgang einem Zylinder zugeführt wird.

Zudem berechnet die Auswerteeinheit 102 den Differenzwert ΔF zwischen dem maximalen und dem minimalen Kraftstoffdruck F_{MIN} , F_{MAX} innerhalb des Kurbelwinkelbereichs KB nach folgender Formel:

5

$$\Delta F = F_{MAX} - F_{MIN}.$$

Im Datenspeicher 19 ist ein Sollwert SP für den Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher 6 abgelegt. Ausgehend vom Sollwert SP des Kraftstoffdruckes ist zudem ein zulässiger Maximalbereich ΔFM und ein zulässiger Minimalbereich ΔFN für den Kraftstoffdruck P im Datenspeicher 19 abgelegt.

Die Auswerteeinheit 102 wertet auch das Drehzahlsignal N der Brennkraftmaschine 11 aus. Dabei wird, wie in Figur 6 dargestellt ist, während eines Analysezeitraums AZ der Maximalwert der Drehzahl DX und der Minimalwert der Drehzahl DN ermittelt. Figur 6 zeigt das Drehzahlsignal über mehrere Segmente, wobei mit einem Segment der Kurbelwinkelbereich festgelegt ist, den ein Zylinder für die Abarbeitung eines vollständigen Verbrennungsvorganges benötigt. Ein Segment beträgt bei einem Vierzylindermotor einen Kurbelwinkelbereich von $720^\circ/4$. Das Segment wird vom Steuergerät festgelegt.

Zudem wird die Ableitung der Drehzahl nach der Zeit vorzugsweise für einen Analysezeitraum AZ oder für jedes Segment ermittelt. Für eine genauere Auswertung des Drehzahlsignals N werden die zeitliche Ableitung ΔN der Drehzahl innerhalb eines Unterabschnittes eines Segmentes bestimmt und somit der Gradient der Kompressionsdrehzahl während des Kompressionsvorganges des Zylinders oder der Gradient der Expansionsdrehzahl während des Expansionsvorganges des Zylinders bestimmt.

Die Auswerteeinheit 102 gibt das erste, integrierte Körperschallsignal KS1 und das zweite, integrierte Körperschallsignal KS2 an eine Energieberechnungseinheit 104 weiter. In einer einfachen Ausführung entfällt die Energieberechnungsein-

heit 104 und die Auswerteeinheit 102 gibt das erste und zweite integrierte Körperschallsignal KS1, KS2 direkt an den Zustandsautomaten 201. Die Energieberechnungseinheit 104 berechnet nach einem theoretischen Modell die in der Brennkraftmaschine 11 umgesetzte Energie. Die umgesetzte Energie wird vorzugsweise mit der eingespritzten Kraftstoffmenge gleichgesetzt. In der einfachsten Ausführungsform wird die eingespritzte Kraftstoffmenge nach einem linearen Ansatz berechnet:

10

$$MF = C_{MF} \int KS * d\phi = C_{MF} * (KS1 + KS2),$$

wobei

mit MF die Kraftstoffmenge,

15 mit C_{MF} eine Integrationskonstante,

mit KS das Körperschallsignal,

mit ϕ der Kurbelwellenwinkel,

mit KS1 das erste, integrierte Körperschallsignal und

mit KS2 das zweite, integrierte Körperschallsignal bezeichnet

20 ist. Die Integration ist über des erste und das zweite Kurbelwinkelfenster F1,F2 ausgeführt.

Die Integrationskonstante C_{MF} wird experimentell bestimmt.

Vorzugsweise ist die Integrationskonstante C_{MF} als Kennlinie

25 in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und/oder in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck abgelegt.

Die Energieberechnungseinheit 104 berechnet nach folgender Formel die während einer Voreinspritzung eingespritzte Kraft-

30 stoffmasse MP:

$$MP = C_{MF} * \int KS * d\phi = C_{MF} * KS1,$$

wobei die Integration über das erste Kurbelwinkelfenster F1

35 ausgeführt wird.

Die Kraftstoffmasse MM, die während der Haupteinspritzung der Brennkraftmaschine 11 zugeführt wurde, wird von der Energieberechnungseinheit 104 nach folgender Formel berechnet:

5 $MM = C_{MF} \int KS * d\phi = C_{MF} * KS_2,$

wobei die Integration über das zweite Kurbelwinkelfenster F2 ausgeführt ist.

10 Die Gesamtkraftstoffmasse MT, die während der Voreinspritzung und während der Haupteinspritzung in die Brennkraftmaschine 11 eingespritzt wird, berechnet sich nach folgender Formel:

MT = MP + MM.

15

Die Auswerteeinheit 102 gibt die Drehzahl N, den Drehzahlgradienten ΔN für jedes Segmente, den Drehzahlgradienten für den Analysezeitraum, und die Drehzahlgradienten während des Kompressionsvorganges und während des Expansionsvorganges, den

20 minimalen Kraftstoffdruck F_MIN, den maximalen Kraftstoffdruck F_MAX, den Differenzwert ΔF zwischen dem minimalen und dem maximalen Kraftstoffdruck, den ersten Beginnwinkel SV der Voreinspritzung und den zweiten Beginnwinkel SM der Haupteinspritzung an einen Zustandsautomaten 201 weiter.

25

Die Energieberechnungseinheit 104 gibt die Voreinspritzmenge MP, die Haupteinspritzmenge MM und die Gesamteinspritzmenge MT für die Verbrennungsvorgänge der Zylinder an den Zustandsautomaten 201 weiter.

30

Dem Zustandsautomat 201 werden über eine Eingangsschnittstelle 103 die Sollwerte für die Voreinspritzmenge MP, die Haupteinspritzmenge MM, die Gesamteinspritzmenge MT, den Spritzbeginn SV für die Voreinspritzung, den Spritzbeginn SM für die Haupteinspritzung, den Sollwert SP für den Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher 6 und die Drehzahl SN der Brennkraftmaschine 11 zugeführt.

- Zudem steht der Zustandsautomat 201 mit dem Datenspeicher 19 in Verbindung, in dem zulässige Wertebereiche für die Voreinspritzmenge ΔMP , die Haupteinspritzmenge ΔMM , die Gesamteinspritzmenge ΔMT abgelegt sind. Zudem weist der Datenspeicher 19 zulässige Wertebereiche ΔSV für den ersten Beginnwinkel SV und zulässige Wertebereiche ΔSM für den zweiten Beginnwinkel SM auf.
- 10 In Figur 7 ist ein schematischer Programmablauf angegeben, nach dem der Zustandsautomat 201 die Funktion des Einspritzsystems überprüft.
- Der Zustandsautomat 201 vergleicht nach dem Start der Brennkraftmaschine bei Programmfpunkt 100 die von der Energieberechnungseinheit 104 berechnete Gesamteinspritzmenge MT mit dem zulässigen Wertebereich ΔMT für die Gesamteinspritzmenge. Ergibt der Vergleich, daß die Differenz größer als der vorgegebene zulässige Wertebereich ΔMT ist, so wird nach Programmfpunkt 101 verzweigt. Bei Programmfpunkt 101 speichert der Zustandsautomat eine Fehlfunktion für die Gesamteinspritzung im Zustandsspeicher 202 ab.
- Vorzugsweise vergleicht der Zustandsautomat 201 bei Programmfpunkt 100 anstelle der Gesamteinspritzmenge die Voreinspritzmenge und/oder die Haupteinspritzmenge mit entsprechenden zulässigen Wertebereichen. Ergibt der Vergleich, daß die ermittelte Voreinspritzmenge von dem entsprechenden zulässigen Wertebereich abweicht, so wird eine Fehlfunktion im Einspritzsystem bei der Voreinspritzung erkannt und nach Programmfpunkt 101 verzweigt.

Weicht die ermittelte Haupteinspritzmenge von dem entsprechenden zulässigen Wertebereich ab, so wird eine Fehlfunktion im Einspritzsystem bei der Haupteinspritzung erkannt. Ergibt der Vergleich, daß eine Fehlfunktion bei der Vor- oder Haupteinspritzung aufgetreten ist, so wird bei Programmfpunkt 101

11

der Hinweis auf eine Fehlfunktion bei der Haupteinspritzung oder der Voreinspritzung im Zustandsspeicher 202 abgelegt. Anschließend wird nach Programmfpunkt 102 verzweigt.

- 5 In einer einfachen Ausführung werden bei Programmfpunkt 100 anstelle der Kraftstoffmenge das für einen Verbrennungsvor-
gang integrierte Körperschallsignal KS1, KS2 mit einem ent-
sprechenden Wertebereich verglichen. Liegen das erste und/
oder das zweite integrierte Körperschallsignal KS1, KS2 au-
10 ßerhalb der zulässigen Wertebereiche, so wird bei Programm-
punkt 101 ein entsprechender Fehlereintrag im Zustandsspei-
cher vorgenommen. Die zulässigen Wertebereiche sind z. b. im
Datenspeicher 19 in Abhängigkeit von der Drehzahl und der
Sollkraftstoffmenge abgelegt.

15

Ergibt der Vergleich bei Programmfpunkt 100, daß keine Fehl-
funktion vorliegt, so wird nach Programmfpunkt 102 verzweigt.

- Bei Programmfpunkt 102 vergleicht der Zustandsautomat 201 den
20 von der Auswerteeinheit 102 berechneten ersten Beginnwinkel
SV der Voreinspritzung mit einem vorgegebenen zulässigen Wer-
tebereich. Ergibt der Vergleich, daß der erste Beginnwinkel,
d.h. der berechnete Spritzbeginn der Voreinspritzung, außer-
halb des zulässigen Wertebereiches liegt, so wird nach Pro-
25 grammfpunkt 103 verzweigt. Bei Programmfpunkt 103 legt der Zu-
standsautomat 201 einen Fehlereintrag über eine Fehlfunktion
der Voreinspritzung im Zustandsspeicher 202 ab. Anschließend
wird nach Programmfpunkt 104 verzweigt.

- 30 Ergibt der Vergleich bei Programmfpunkt 102, daß keine Fehl-
funktion erkannt wird, so wird nach Programmfpunkt 104 ver-
zweigt.

- Bei Programmfpunkt 104 vergleicht der Zustandsautomat 201 den
35 von der Auswerteeinheit 102 berechneten zweiten Beginnwinkel,
d.h. den Spritzbeginn der Haupteinspritzung SM, mit einem
vorgegebenen zulässigen Wertebereich. Ergibt der Vergleich,

12

daß der berechnete Spritzbeginn der Haupteinspritzung SM außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegt, so erkennt der Zustandsautomat 201 eine Fehlfunktion in der Haupteinspritzung und legt bei Programmfpunkt 105 einen Hinweis für eine
5 Fehlfunktion für den Spritzbeginn der Haupteinspritzung im Zustandsspeicher 202 ab. Anschließend wird nach Programmfpunkt 106 verzweigt.

Ergibt der Vergleich bei Programmfpunkt 104 keine Fehlfunkti-
10 on, so wird nach Programmfpunkt 106 verzweigt.

Bei Programmfpunkt 106 überprüft der Zustandsautomat 201 den Kraftstoffdruck, der für den überprüften Einspritzvorgang im Kraftstoffspeicher 6 vorliegt. Dazu vergleicht der Zustands-
15 automat 201 den von der Auswerteeinheit 102 gemessenen minimalen Kraftstoffdruck F_MIN mit einem zulässigen minimalen Kraftstoffdruck. Ebenso vergleicht der Zustandsautomat 201 den von der Auswerteeinheit 102 gemessenen, maximale Kraft-
20 stoffdruck F_MAX mit einem vorgegebenen maximalen Kraftstoff- druck.

Ergibt der Vergleich, daß der gemessene, minimale Kraftstoff-
druck F_MIN oder der gemessenen maximale Kraftstoffdruck um
mehr als einen vorgegebenen Wertebereich von dem Sollwert des
25 Kraftstoffdruckes abweicht, so wird eine Fehlfunktion im Drucksystem des Einspritzsystems erkannt und nach Programm-
punkt 107 verzweigt. Bei Programmfpunkt 107 wird ein Feh-
lereintrag für das Drucksystem im Zustandsspeicher 202 abge-
legt. Anschließend wird nach Programmfpunkt 108 verzweigt.
30

Ergibt der Vergleich bei Programmfpunkt 106 keine Fehlfunkti-
on, so wird nach Programmfpunkt 108 verzweigt.

Bei Programmfpunkt 108 wertet der Zustandsautomat die Drehzahl
35 der Brennkraftmaschine 11 aus, um eine Aussage über eine Fehlfunktion treffen zu können. Dazu vergleicht der Zustands-
automat 201 die von der Auswerteeinheit 102 gemessene Dreh-

zahl gemittelt über einen Analysezeitraum mit einem vorgegebenen Wertebereich. Ergibt der Vergleich, daß die gemessene Drehzahl außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegt, so wird eine Fehlfunktion im Einspritzsystem erkannt und nach 5 Programmfpunkt 109 verzweigt. Bei Programmfpunkt 109 wird ein Fehlerreintrag im Zustandsspeicher 202 für die Drehzahl vorgenommen.

Vorzugsweise wird die zeitliche Ableitung der Drehzahl für 10 einen Analysezeitraum mit einem entsprechenden zulässigen Wertebereich verglichen und bei einer Abweichung von dem zulässigen Wertebereich eine Fehlfunktion erkannt. Anstelle der zeitlichen Ableitung der Drehzahl für einen Analysezeitraum kann auch die zeitliche Ableitung der Drehzahl für ein Segment mit einem entsprechenden zulässigen Wertebereich verglichen werden. Ergibt der Vergleich, daß die zeitliche Ableitung der Drehzahl für ein Segment außerhalb des zulässigen Wertebereiches liegt, so wird eine Fehlfunktion für das Segment erkannt und im Zustandsspeicher 202 ein entsprechender 15 Fehlerreintrag abgelegt.

Eine besonders genaue Beurteilung des Einspritzsystems wird dadurch erreicht, daß in einzelnen Segmentbereichen der Gradient der Drehzahl mit einem entsprechenden zulässigen Wertebereich verglichen wird. Dies erfolgt beispielsweise für einen Kompressionsvorgang oder für einen Expansionsvorgang eines Zylinders. Liegt der gemessene Drehzahlgradient außerhalb des zulässigen Wertebereiches, so wird eine Fehlfunktion für den Kompressionsvorgang oder für den Expansionsvorgang erkannt. 25 30

Ergibt der Vergleich bei Programmfpunkt 108, daß keine Fehlfunktion vorliegt, so wird nach Programmfpunkt 110 verzweigt.

35 Der Zustandsautomat 201 überprüft anschließend bei Programmfpunkt 110, ob ein Fehlerreintrag im Zustandsspeicher 202 abge-

legt ist. Ist dies der Fall, so wird eine Fehlfunktion des Einspritzsystems erkannt.

Vorzugsweise erkennt der Zustandsautomat 201 bei Programm-

5 punkt 110 erst dann eine Fehlfunktion im Einspritzsystem, wenn mindestens eine Fehlfunktion aufgrund der Auswertung des Körperschallsignals und mindestens eine weitere Fehlfunktion bei der Auswertung des Kraftstoffdrucksignals oder bei der Auswertung der Drehzahl ermittelt wurde. Auf diese Weise wer-

10 den Fehlentscheidungen über eine Fehlererkennung beim Ein- spritzsystem vermieden.

Anschließend wird zu Programmfpunkt 100 zurückverzweigt und das Programm nach einer vorgegebenen Zeitdauer wieder gestartet.

Vorzugsweise wird ein Fehler erst dann erkannt werden, wenn ein Fehler bei mehreren Durchläufen des Programms erkannt wurde. Insbesondere kann eine Fehlerentprellung vorgesehen

20 sein, bei der nur die Fehlereinträge von vier Programmdurchläufen gespeichert werden und erst dann ein Fehler im Einspritzsystem erkannt wird, wenn mindestens bei zwei Programm-durchläufen ein Fehler erkannt wurde.

25 Eine Verbesserung des Verfahrens wird dadurch erreicht, daß das Grundgeräusch der Brennkraftmaschine in einem Zeitbereich vom Körperschallsensor erfaßt wird, in dem keine Verbrennung stattfindet. Bei der Auswertung des Körperschallsignals für ein Meßfenster zieht das Steuergerät das Grundgeräusch von

30 dem im Meßfenster gemessenen Körperschallsignal ab, so daß im wesentlichen das von der Verbrennung erzeugte Körperschallsi-gnal übrig bleibt. Auf diese Weise ist eine genaue Auswertung des verbleibenden Körperschallsignals möglich.

Patentansprüche

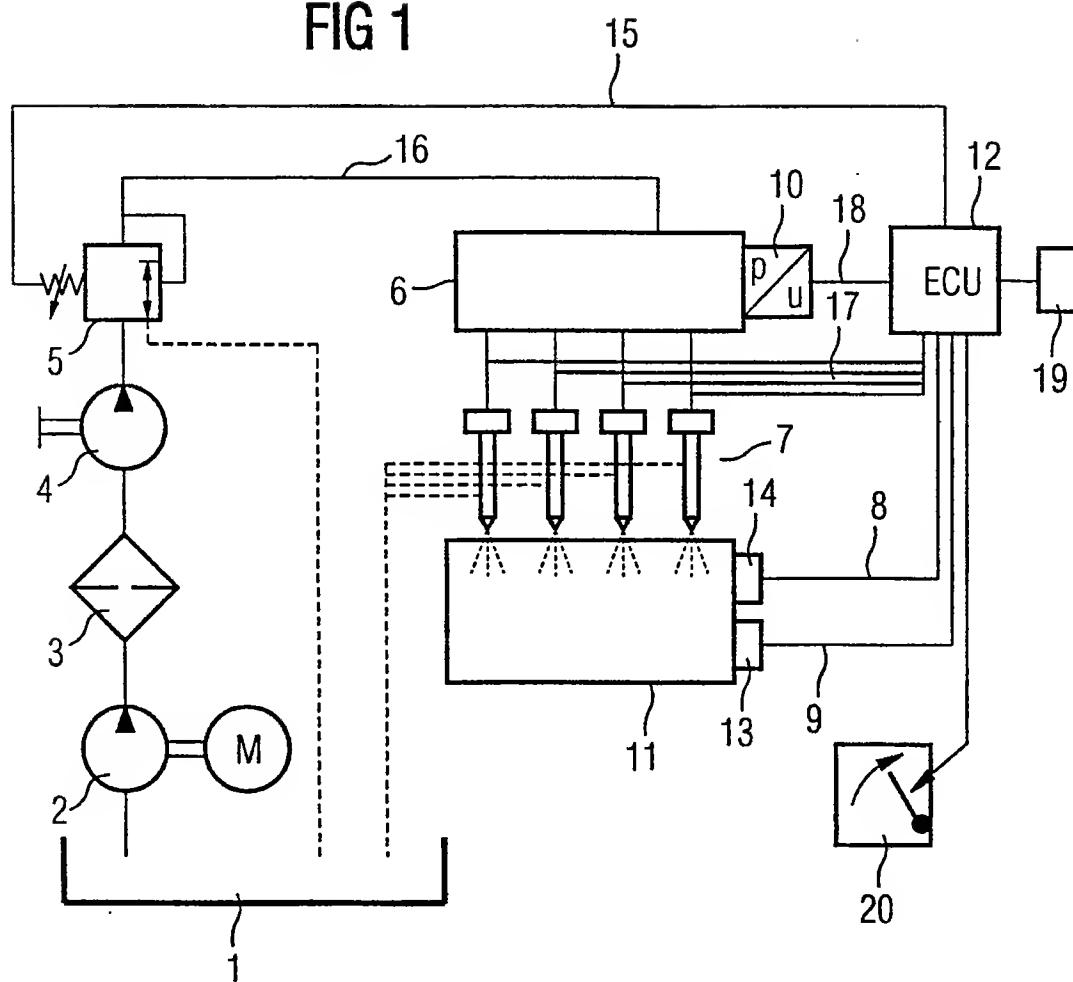
1. Verfahren zum Überwachen eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine, bei dem ein Körperschallsignal erfaßt wird, bei dem das Körperschallsignal zur Bewertung des Einspritzsystems verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß das Körperschallsignal über ein vorgegebenes Meßfenster integriert wird, und
 - daß das integrierte Körperschallsignal als Maß für die Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem integrierten Körperschallsignal die in die Brennkraftmaschine eingespritzte Kraftstoffmenge berechnet wird,
 - 15 daß die berechnete Kraftstoffmenge mit einer für den betrachteten Einspritzvorgang vorgegebene Kraftstoffmenge verglichen wird, und daß aufgrund des Vergleichs die Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems bewertet wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das gemessenen Körperschallsignal mit dem Grundgeräusch bewertet wird, das die Brennkraftmaschine ohne Verbrennung erzeugt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das 25 Körperschallsignal mit einem Frequenzband von 1 Hz bis 10 kHz gefiltert wird, insbesondere mit einem Frequenzband von 10 Hz bis 1 kHz gefiltert wird, und daß das im Frequenzband liegende Körperschallsignal weiter bearbeitet wird.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Körperschallsignal mit einem Butterworth-Filter zweiter Ordnung gefiltert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das 35 integrierte Körperschallsignal zur Berechnung der eingespritzten Kraftstoffmenge mit einem Bewertungsfaktor bewertet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewertungsfaktor vom Kraftstoffdruck abhängt, der während des betrachteten Einspritzvorganges im Kraftstoffspeicher
- 5 herrscht, oder daß der Bewertungsfaktor von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängt, die während des betrachteten Einspritzvorganges vorliegt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das
- 10 Körperschallsignal für eine Voreinspritzung oder für eine Haupteinspritzung integriert wird, daß das integrierte Körperschallsignal der Vor- oder der Haupteinspritzung mit Vergleichswerten verglichen wird, und daß der Vergleich zur Beurteilung des Einspritzsystems verwendet wird.
- 15
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Körperschallsignal für eine Voreinspritzung oder für eine Haupteinspritzung erfaßt wird, daß der Einspritzbeginn der Vor- oder der Haupteinspritzung aus dem Körperschallsignal
- 20 ermittelt wird, daß der Einspritzbeginn der Vor- oder der Haupteinspritzung mit einem zulässigen Wertebereich Sollwertbereichen verglichen wird, und daß der Vergleich zur Beurteilung des Einspritzsystems verwendet wird.
- 25 10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum Körperschallsignal der Kraftstoffdruck für den betrachteten Verbrennungsvorgang gemessen wird, daß der gemessene Kraftstoffdruck mit einem zulässigen Wertebereich verglichen wird, und daß der Vergleich zur Beurteilung der
- 30 Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems verwendet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum Körperschallsignal das Drehzahlsignal für den betrachteten Einspritzvorganges gemessen wird, daß das gemessene Drehzahlsignal mit einem zulässigen Wertebereich verglichen wird, und daß der Vergleich zur Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Einspritzsystems verwendet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fehlfunktion des Einspritzsystems erst erkannt wird, wenn die Auswertung des Körperschallsignals und die
- 5 Auswertung des Kraftstoffdrucksignals oder die Auswertung des Körperschallsignals und die Auswertung des Drehzahlsignals eine Fehlfunktion anzeigen.

1/7

FIG 1



2/7

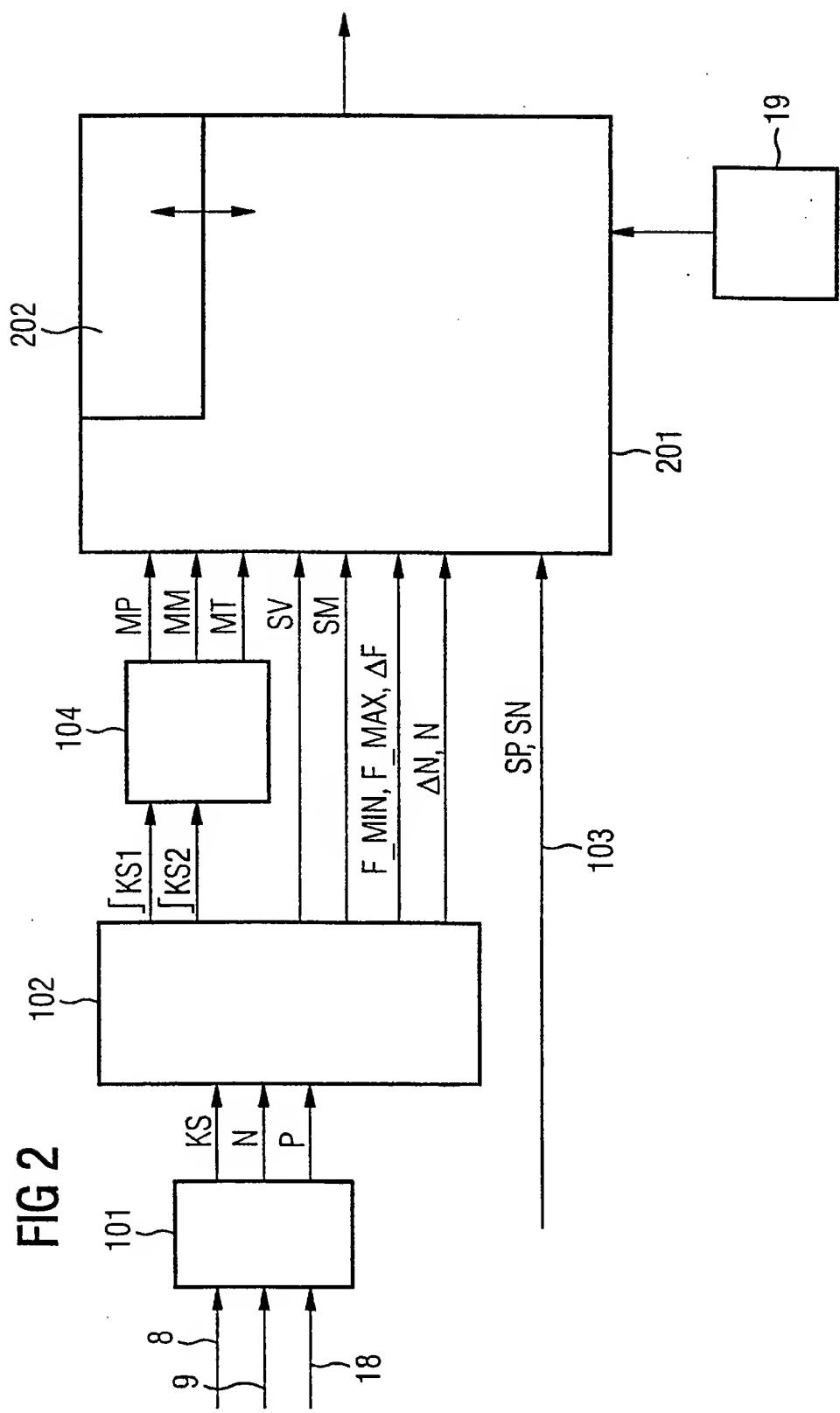
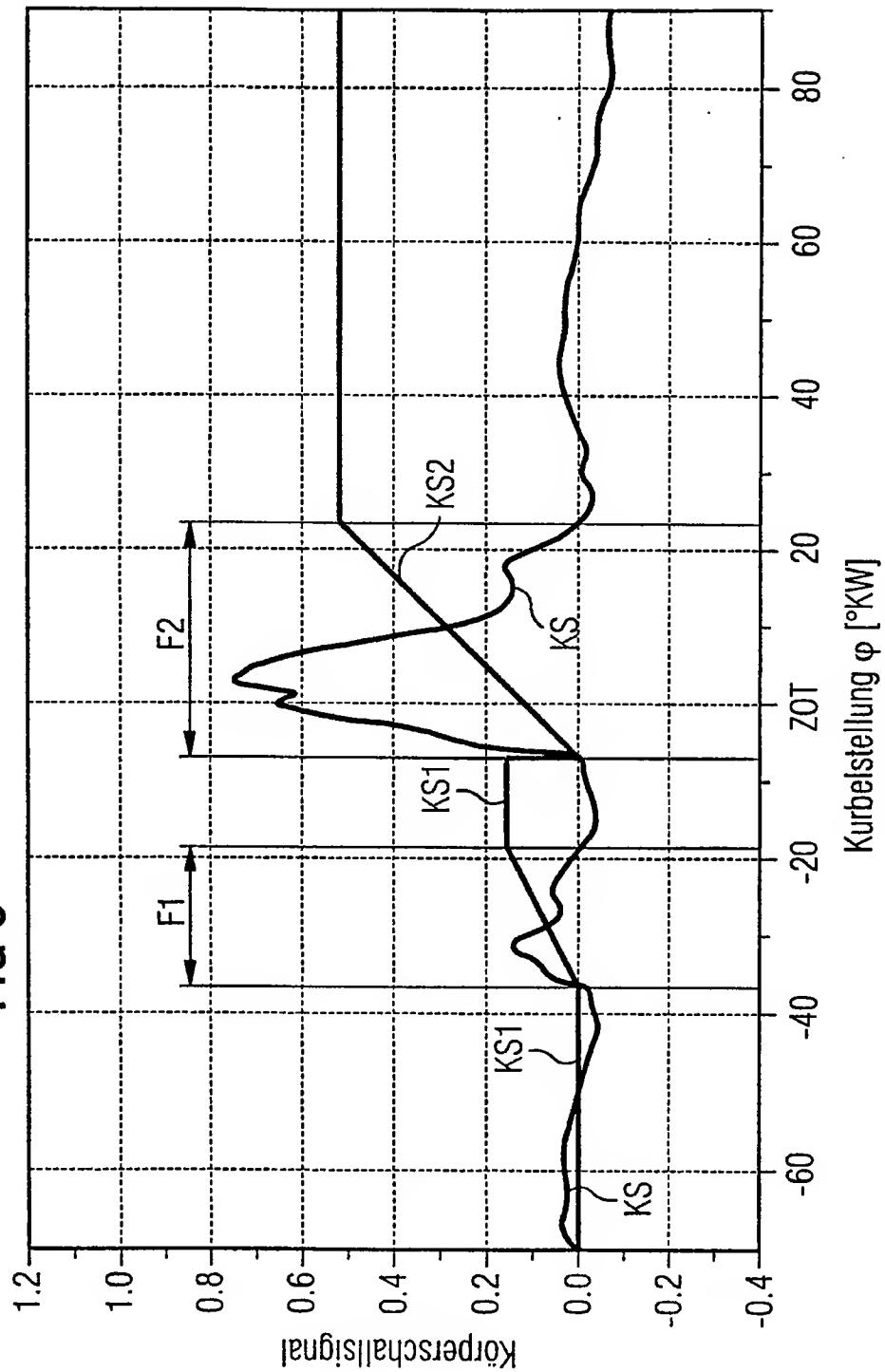


FIG 2

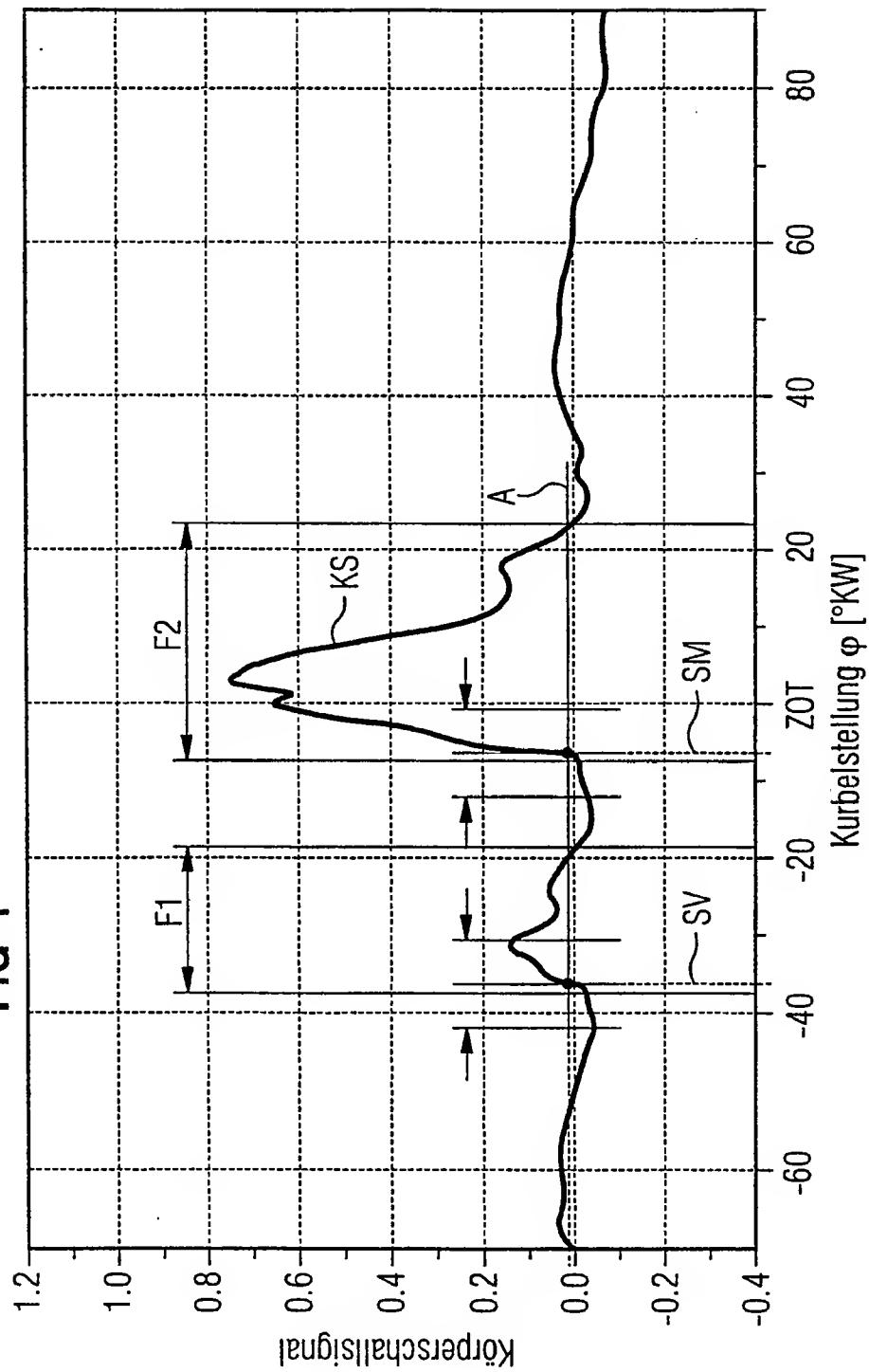
3/7

FIG. 3



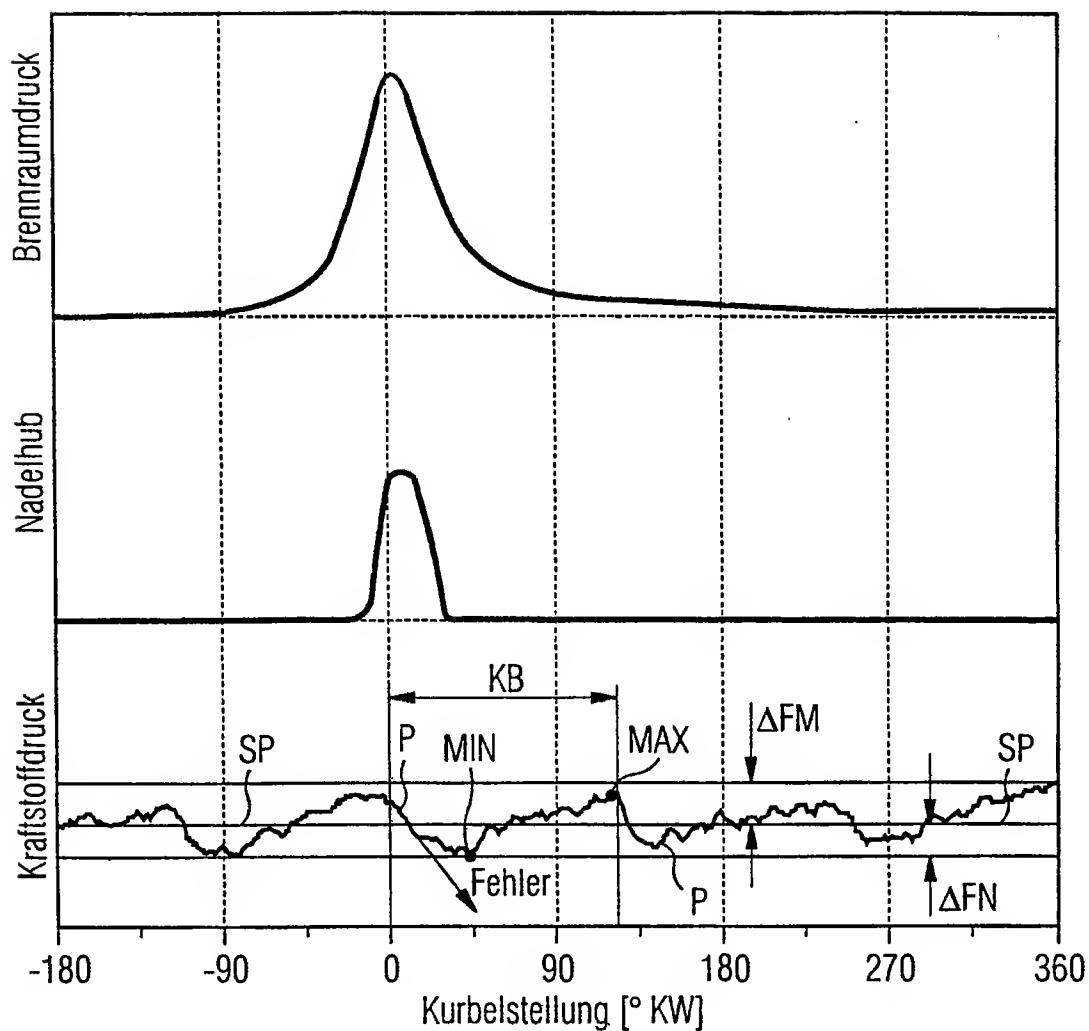
4/7

FIG 4



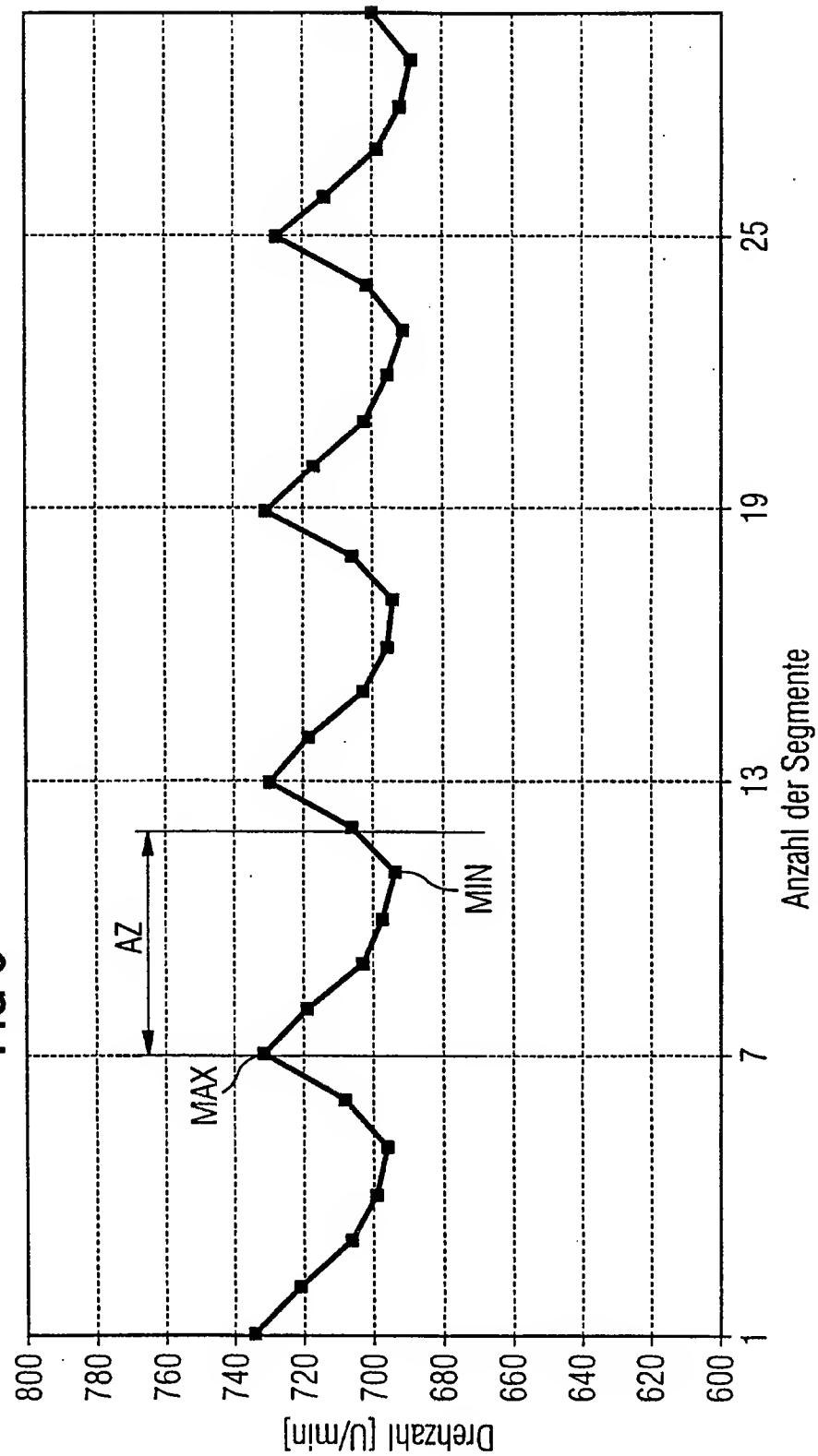
5/7

FIG 5



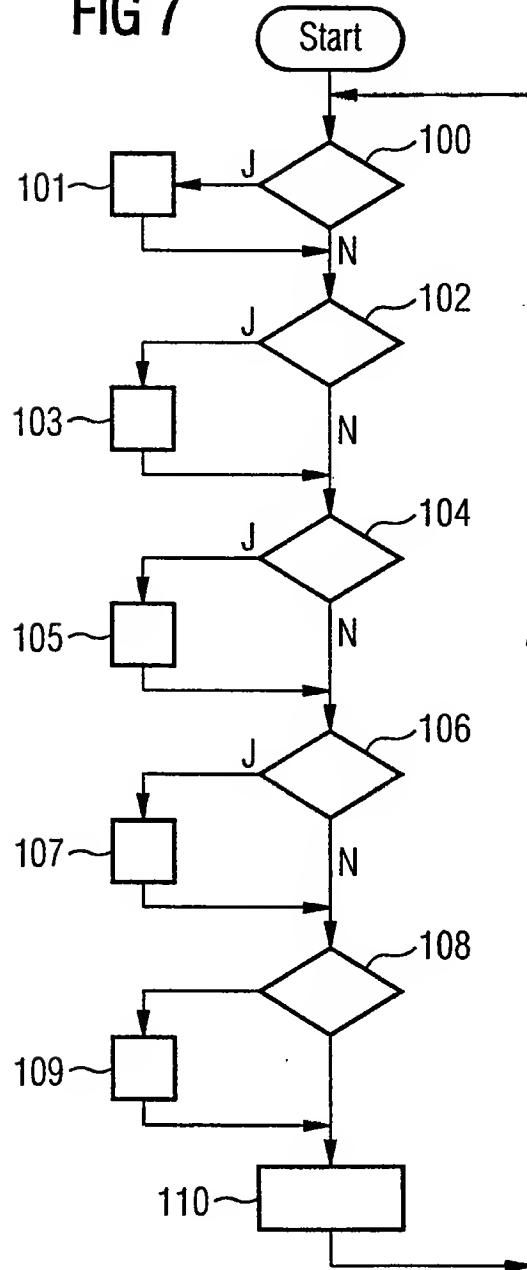
6/7

FIG 6



7/7

FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 98/02841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 F02D41/22 F02D41/14 F02D41/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of date base end, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 326 898 A (SIEMENS) 9 August 1989 see column 3, line 5 – column 4, line 44; figures -----	1
A	DE 195 48 279 A (BOSCH) 3 April 1997 cited in the application	1
A	see column 3, line 13 – line 20 see column 4, line 7 – line 9; figures -----	2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 126 (P-075), 14 August 1981 & JP 56 064621 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 1 June 1981 see abstract; figure -----	1
A	EP 0 785 349 A (C.R.F.) 23 July 1997 see abstract; figures -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

10 February 1999

Date of mailing of the International search report

16/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kooijman, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 98/02841

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 326898	A	09-08-1989	US	5005549 A		09-04-1991
DE 19548279	A	03-04-1997	WO	9712136 A		03-04-1997
			EP	0795076 A		17-09-1997
			JP	10510028 T		29-09-1998
EP 785349	A	23-07-1997	IT	T0960030 A		21-07-1997
			US	5864055 A		26-01-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/02841

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 F02D41/22 F02D41/14 F02D41/38		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 F02D		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 326 898 A (SIEMENS) 9. August 1989 siehe Spalte 3, Zeile 5 - Spalte 4, Zeile 44; Abbildungen ---	1
A	DE 195 48 279 A (BOSCH) 3. April 1997 in der Anmeldung erwähnt	1
A	siehe Spalte 3, Zeile 13 - Zeile 20 siehe Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 9; Abbildungen ---	2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 005, no. 126 (P-075), 14. August 1981 & JP 56 064621 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 1. Juni 1981 siehe Zusammenfassung; Abbildung ---	1
A	EP 0 785 349 A (C.R.F.) 23. Juli 1997 siehe Zusammenfassung; Abbildungen ----	1
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie eugeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalem Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche 10. Februar 1999		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 16/02/1999
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kooijman, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/02841

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 326898 A	09-08-1989	US	5005549 A	09-04-1991
DE 19548279 A	03-04-1997	WO	9712136 A	03-04-1997
		EP	0795076 A	17-09-1997
		JP	10510028 T	29-09-1998
EP 785349 A	23-07-1997	IT	T0960030 A	21-07-1997
		US	5864055 A	26-01-1999